

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-193635

(P2000-193635A)

(43) 公開日 平成12年7月14日 (2000.7.14)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード* (参考)
G 0 1 N 27/41		G 0 1 N 27/46	3 2 5 N
27/26	3 9 1	27/26	3 9 1 A

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平10-367236

(22) 出願日 平成10年12月24日 (1998. 12. 24)

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(72) 発明者 稲垣 真介

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 泉谷 尚秀

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 青木 圭一郎

愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(74) 代理人 100077517

弁理士 石田 敬 (外3名)

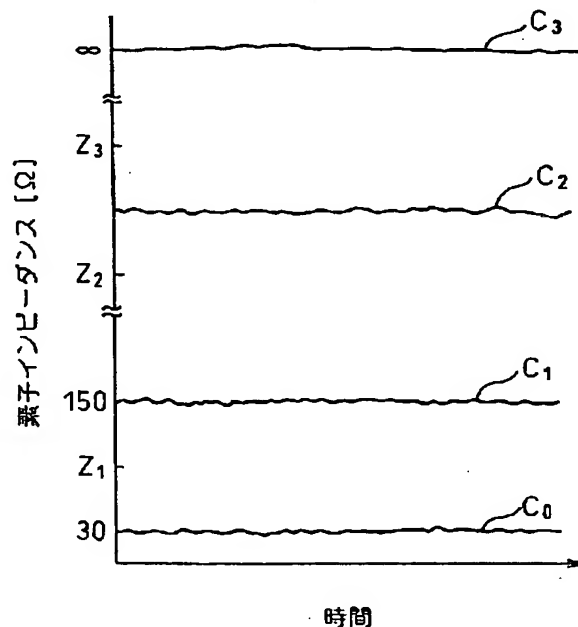
(54) 【発明の名称】 空燃比検出装置

(57) 【要約】

【課題】 空燃比センサ及びその周辺回路からなる空燃比検出装置において故障診断を簡易にかつ精度良く行う。

【解決手段】 正常時には、センサ本体内の酸素イオン導電素子の温度は700°C付近にあり、素子インピーダンスは30Ω程度となる。センサ本体又はセンサ本体駆動回路に断線がある場合、電流が0となり素子インピーダンスは無限大の値となる。ヒータが劣化している場合、素子温度は例えば550°C程度までしか上昇せず、素子インピーダンスは150Ω程度となる。ヒータ又はヒータ駆動回路に断線がある場合、素子を加熱するのは排気ガスのみとなるため、素子温度は排気温度程度までしか上昇せず、素子インピーダンスは、素子温度300°C程度に相当するインピーダンス値を示す。3つの基準値Z₁、Z₂及びZ₃が設けられ、素子インピーダンス検出値と比較されることで故障が診断される。

図 12



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 電圧の印加に伴い被検出ガス中の酸素濃度又は未燃ガス濃度に応じた限界電流を発生させるセンサ本体を有する空燃比センサと、
前記センサ本体を駆動するセンサ本体駆動回路と、
前記センサ本体に交流電圧を印加して前記センサ本体中の酸素イオン導電素子の素子インピーダンスを検出する素子インピーダンス検出手段と、
前記素子インピーダンス検出手段によって検出される素子インピーダンスに基づいて故障の有無の判定及び故障の診断を行う故障診断手段と、を具備する空燃比検出装置。

【請求項 2】 前記故障診断手段は、前記素子インピーダンスが第 1 の基準値より大きく無限大であると認められるときに、前記センサ本体又は前記センサ本体駆動回路に断線があると診断する、請求項 1 に記載の空燃比検出装置。

【請求項 3】 前記空燃比センサは前記センサ本体を加熱して前記酸素イオン導電素子を活性化せしめるヒータを備えるものであり、該空燃比検出装置は前記ヒータを駆動するヒータ駆動回路を更に具備し、前記故障診断手段は前記素子インピーダンスが前記第 1 の基準値より小さく且つ第 2 の基準値よりも大きいときに前記ヒータ又は前記ヒータ駆動回路に異常があると診断する、請求項 1 に記載の空燃比検出装置。

【請求項 4】 前記故障診断手段は、前記素子インピーダンスが、前記第 1 の基準値と前記第 2 の基準値との間にある第 3 の基準値より小さく、かつ、前記第 2 の基準値より大きいときに、前記ヒータが劣化していると診断する、請求項 3 に記載の空燃比検出装置。

【請求項 5】 前記故障診断手段は、前記素子インピーダンスが、前記第 1 の基準値と前記第 2 の基準値との間にある第 3 の基準値より大きく、かつ、前記第 1 の基準値より小さいときに、前記ヒータ又は前記ヒータ駆動回路に断線があると診断する、請求項 3 に記載の空燃比検出装置。

【請求項 6】 前記故障診断手段は、前記酸素イオン導電素子が活性状態にあるときに診断を行う、請求項 1 から請求項 5 までのいずれか 1 項に記載の空燃比検出装置。

【請求項 7】 前記故障診断手段は、前記空燃比センサが搭載される内燃機関がアイドル状態にあるときに診断を行う、請求項 1 から請求項 6 までのいずれか 1 項に記載の空燃比検出装置。

【請求項 8】 前記素子インピーダンス検出手段は、空燃比検出用の直流成分に素子インピーダンス検出用の交流成分が重畳した電圧を前記センサ本体に印加し、前記空燃比センサの出力電流の交流成分を測定することにより、素子インピーダンスを検出する、請求項 1 から請求項 7 までのいずれか 1 項に記載の空燃比検出装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、限界電流式空燃比センサを用いた空燃比検出装置に関し、より詳細には、かかる空燃比検出装置の故障診断に関する。

【0002】

【従来の技術】車載用内燃機関において燃料消費率の低減と有害ガス排出量の低減とを両立させるためには、機関が燃焼させる混合気の空燃比 (A/F) を広範囲に制御する必要がある。このような空燃比制御を可能とするために、ジルコニア固体電解質等の酸素イオン導電素子に大気側電極、排気側電極及び排気側拡散抵抗体を形成してセンサ本体とし、そのセンサ本体への電圧印加に伴い排気中の酸素濃度又は未燃ガス濃度に応じた限界電流が生ずるのを利用した空燃比センサ（全域空燃比センサ、リニア空燃比センサ等と呼ばれる）が実用化され、かかる空燃比センサの出力に基づくフィードバック制御が行われている。

【0003】全域空燃比センサの出力に基づく空燃比フィードバック制御を行う上で、酸素イオン導電素子を活性状態に維持することが不可欠である。そのためにヒータを用いて素子を加熱し素子温度を一定の値に保つ制御が行われている。その際、素子温度を検出する必要があるが、素子抵抗が素子温度と相関関係を有することから、素子抵抗を検出して素子温度を推定することにより、温度センサの必要性が排除されている。

【0004】その一方、空燃比センサの故障診断を行い、異常がある場合に迅速に措置することが、かかる空燃比センサを使用する上で必須の条件となる。そこで、例えば、特開平 8-271475 号公報は、酸素イオン導電素子の素子抵抗を検出し、素子抵抗が所定範囲内がないときに酸素イオン導電素子に異常があると判定する技術を開示している。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、空燃比センサを利用する場合、センサ本体を駆動し出力電流を検出するセンサ本体駆動回路や、センサ本体を加熱して酸素イオン導電素子を活性化せしめるヒータ及びその駆動回路が、センサ本体に付随して設けられるため、センサ本体駆動回路の断線、ヒータ又はヒータ駆動回路の断線、ヒータの劣化等についても考慮する必要がある。

【0006】かかる実情に鑑み、本発明の目的は、空燃比センサ及びその周辺回路からなる空燃比検出装置であって故障診断を簡易にかつ正確に行うことができるものを提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明によれば、電圧の印加に伴い被検出ガス中の酸素濃度又は未燃ガス濃度に応じた限界電流を発生させるセンサ本体を有する空燃比センサと、前記センサ本体

を駆動するセンサ本体駆動回路と、前記センサ本体に交流電圧を印加して前記センサ本体中の酸素イオン導電素子の素子インピーダンスを検出する素子インピーダンス検出手段と、前記素子インピーダンス検出手段によって検出される素子インピーダンスに基づいて故障の有無の判定及び故障の診断を行う故障診断手段と、を具備する空燃比検出装置が提供される。

【0008】また、本発明によれば、前記故障診断手段は、前記素子インピーダンスが第1の基準値より大きく無限大であると認められるときに、前記センサ本体又は前記センサ本体駆動回路に断線があると診断する。

【0009】また、本発明によれば、前記空燃比センサは前記センサ本体を加熱して前記酸素イオン導電素子を活性化せしめるヒータを備えるものであり、該空燃比検出装置は前記ヒータを駆動するヒータ駆動回路を更に具備し、前記故障診断手段は前記素子インピーダンスが前記第1の基準値より小さく且つ第2の基準値よりも大きいときに前記ヒータ又は前記ヒータ駆動回路に異常があると診断する。

【0010】また、本発明によれば、前記故障診断手段は、前記素子インピーダンスが、前記第1の基準値と前記第2の基準値との間にある第3の基準値より小さく、かつ、前記第2の基準値より大きいときに、前記ヒータが劣化していると診断する。

【0011】また、本発明によれば、前記故障診断手段は、前記素子インピーダンスが、前記第1の基準値と前記第2の基準値との間にある第3の基準値より大きく、かつ、前記第1の基準値より小さいときに、前記ヒータ又は前記ヒータ駆動回路に断線があると診断する。

【0012】また、本発明によれば、前記故障診断手段は、前記酸素イオン導電素子が活性状態にあるときに診断を行う。

【0013】また、本発明によれば、前記故障診断手段は、前記空燃比センサが搭載される内燃機関がアイドル状態にあるときに診断を行う。

【0014】また、本発明によれば、前記素子インピーダンス検出手段は、空燃比検出用の直流成分に素子インピーダンス検出用の交流成分が重畳した電圧を前記センサ本体に印加し、前記空燃比センサの出力電流の交流成分を測定することにより、素子インピーダンスを検出する。

【0015】

【発明の実施の形態】以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

【0016】まず、空燃比センサの原理について説明する。図1は、空燃比と排気中の酸素(O_2)濃度との関係及び空燃比と排気中の一酸化炭素(CO)濃度との関係を示す特性図である。この図に示されるように、リーン空燃比領域にあっては O_2 濃度が空燃比に対してほぼリニアに変化する一方、リッチ空燃比領域にあっては未

燃ガスであるCO濃度が空燃比に対してほぼリニアに変化する。空燃比センサは、後述するように、この特性を利用するものである。

【0017】図2は、空燃比センサの一構成例を示す断面図である。空燃比センサ10は、内燃機関の排気管90の内部に向けて突設されて使用される。空燃比センサ10は、大別して、カバー11、センサ本体13及びヒータ18から構成される。カバー11は断面カップ状の形状を有し、その周壁にはカバー内外を連通する多数の小孔12が形成されている。

【0018】センサ本体13において、試験管状に形成された酸素イオン導電性固体電解質層14の外表面には排気側電極層16が固着される一方、その内表面には大気側電極層17が固着されている。また、排気側電極層16の外側には、プラズマ溶射法等により拡散抵抗層15が形成されている。固体電解質層14は、本実施形態においては、 ZrO_2 (ジルコニア素子)にCaO等を安定剤として固溶させた酸素イオン伝導性酸化物焼結体からなる。拡散抵抗層15は、アルミナ等の耐熱性無機物質からなる。排気側電極層16及び大気側電極層17は、共に、白金等の触媒活性の高い貴金属からなり、その表面には多孔質の化学メッキ等が施されている。

【0019】ヒータ18は、大気側電極層17内に収容されており、その発熱エネルギーによってセンサ本体13を加熱し、ジルコニア素子14を活性化せしめる。ヒータ18は、ジルコニア素子14を活性化するのに十分な発熱容量を有している。

【0020】ジルコニア素子14は、高温活性状態で素子両端に酸素濃度差が生じると、濃度の高い側から低い側へと酸素イオン(O^{2-})を通す特性(酸素電池特性)を有する。また、ジルコニア素子14は、その両端に電位差が与えられると、陰極から陽極に向けて、電位差に応じた酸素イオン(O^{2-})の移動を引き起こそうとする特性(酸素ポンプ特性)を有する。

【0021】図2に示されるように、センサ本体13には、大気側電極層17を正極性、排気側電極層16を負極性とする一定のバイアス電圧が印加されている。排気空燃比がリーンのときには、酸素ポンプ特性により、排気側電極層16から大気側電極層17へと酸素イオン(O^{2-})の移動が起こる。その結果、バイアス電圧源の正極から、大気側電極層17、固体電解質層14及び排気側電極層16を介して、バイアス電圧源の負極へと電流が流れる。このとき流れる電流の大きさは、バイアス電圧を一定値以上にすれば、排気中から拡散抵抗層15を通して排気側電極層16へと拡散によって流入する酸素量に対応する。従って、この限界電流の大きさを検出すれば、酸素濃度を知ることができ、ひいては図1にて説明したようにリーン領域における空燃比を知ることができる。

【0022】一方、排気空燃比がリッチのときには酸素

電池特性が働き、この酸素電池特性は大気側電極層 17 から排気側電極層 16 へと酸素イオン (O^{2-}) の移動を引き起こそうとする。すなわち、酸素電池特性はバイアス電圧と逆向きに作用する。空燃比センサでは、酸素電池特性による起電力がバイアス電圧に打ち勝つように構成されているため、大気側電極層 17 から、バイアス電圧源を通して、排気側電極層 16 へと電流が流れる。このとき流れる電流の大きさは、固体電解質層 14 中を大気側電極層 17 から排気側電極層 16 へと移送される酸素イオン (O^{2-}) の量によって決まる。その酸素イオンは、排気中から拡散抵抗層 15 を通って排気側電極層 16 へと拡散によって流入する一酸化炭素などの未燃ガスと排気側電極層 16 において反応 (燃焼) するものであるため、酸素イオン移動量は未燃ガスの濃度に対応する。従って、この限界電流の大きさを検出すれば、未燃ガス濃度を知ることができ、ひいては図 1 にて説明したようにリッチ領域における空燃比を知ることができる。

【0023】また、排気空燃比が理論空燃比のときには、排気側電極層 16 へ流入する酸素及び未燃ガスの量が化学当量比となっているため、排気側電極層 16 の触媒作用によって両者は完全に燃焼し、排気側電極層 16 では酸素がなくなるため、酸素電池特性及び酸素ポンプ特性により移送されるべき酸素イオンが生じない。従って、排気空燃比が理論空燃比のときには、回路中を電流が流れない。

【0024】かくして、空燃比センサの電圧-電流 ($V-I$) 特性は、図 3 に示されるように、センサが晒される排気の空燃比 (A/F) に応じた限界電流を示す。図 3 においては、 V 軸に平行な直線部分が限界電流を表している。そして、リーン領域とリッチ領域とでは限界電流の流れる向きが逆になっており、リーン領域にあっては空燃比が大きくなるほど、リッチ領域にあっては空燃比が小さくなるほど、限界電流の絶対値が大きくなる。そして、図 3 の特性図によれば、印加電圧を 0.3V 程度に設定すると、12 から 18 までにわたる空燃比を検出することができる。なお、限界電流を示す直線部分より小さい電圧域は、抵抗支配域となっている。

【0025】次いで、図 4 を用いて、空燃比検出装置のハードウェア構成の一例について説明する。この空燃比検出装置は、大別して、空燃比センサ 10、センサ本体駆動回路 20、ヒータ駆動回路 30 及び中央処理装置

(CPU) 40 から構成される。空燃比センサ 10 は、図 2 で説明したように、センサ本体 13 及びヒータ 18 を備えるものである。また、ヒータ駆動回路 30 は、デューティ比信号を受けて、そのデューティ比に応じてバッテリー 32 の電圧をヒータ 18 へオン・オフ的に印加する回路である。また、CPU 40 は、内燃機関の電子制御装置 (ECU) の中枢として燃料噴射制御、点火時期制御等を行うものであり、 A/D 変換器 (ADC)、 D/A 変換器 (DAC) 及びメモリを内蔵している。

【0026】センサ本体駆動回路 20 は、大別して、ロウパスフィルタ (LPF) 21、第 1 の電圧フォロワ (voltage follower) 22、基準電圧発生回路 25 及び第 2 の電圧フォロワ 26 から構成される。LPF 21 は、CPU 40 から出力されるアナログ信号の高周波成分を除去するものである。第 1 の電圧フォロワ 22 は、演算増幅器、コンプリメンタリプッシュプル (complementary push-pull) 増幅器等を備え、センサ本体 13 の大気側電極層 17 の電位を、LPF 21 の出力の電位と同一の電位に維持する。なお、その電位は、空燃比検出時においては 3.3V である。

【0027】また、基準電圧発生回路 25 は、一定電圧 V_{cc} を分圧して基準電圧 3.0V を発生させる。第 2 の電圧フォロワ 26 は、第 1 の電圧フォロワ 22 と同様の回路構成を有し、センサ本体 13 の排気側電極層 16 の電位を基準電圧 3.0V に維持する。従って、空燃比検出時には、センサ本体 13 の両電極層間に 0.3V の電圧が印加されることとなり、図 3 の特性図にて説明したように、限界電流を測定して広範囲にわたる空燃比を検出することができる。第 1 の電圧フォロワ 22 内の抵抗器が電流検出回路 23 として機能し、その両端の電位が CPU 40 に供給されるようになっている。CPU 40 は、抵抗器 23 の両端のアナログ電位を A/D 変換し、両端の電位差を算出し、その電位差と抵抗器 23 の抵抗値とから電流を算出する。

【0028】図 3 に関する説明から理解されるように、算出される電流値と排気空燃比とは図 5 に示される如き関係を有している。そこで、CPU 40 は、検出された電流値に基づいて排気空燃比を検出することができ、ひいては空燃比フィードバック制御を実現することができる。

【0029】さて、空燃比を検出するためには、酸素イオン導電素子 14 を活性状態に維持する必要がある。その活性状態は、素子温度を一定値、例えば $700^{\circ}C$ に保つことによって維持される。ところで、素子温度と素子抵抗とは、図 6 に示されるような一定の相関関係を有しているため、素子温度を $700^{\circ}C$ に保つためには、素子抵抗が 30Ω を示すようにすればよい。そのため、素子抵抗を検出し、その検出される抵抗値に基づき、ヒータ駆動回路 30 をフィードバック制御することにより、素子活性状態を維持する制御が行われる。

【0030】図 7 はセンサ本体 13 の構造を示す図であり、(A) は断面図、(B) は固体電解質 14 の部分拡大図である。また、図 8 は、センサ本体 13 の等価回路を示す図である。図 8 において、 R_1 は、例えばジルコニアからなる固体電解質のバルク抵抗であり、図 7 のグレイン (grain) 部に対応する。 R_2 は、固体電解質の粒界抵抗であり、図 7 のグレイン境界 (grain boundary) 部に対応する。 R_3 は、例えば白金からなる電極の界面抵抗である。 C_2 は、固体電解質の粒界の容量成分であ

る。C3は、電極界面の容量成分である。Z(W)は、交流による分極が起こるときに周期的に界面濃度が変化するために生じるインピーダンス分（ワールブルインピーダンス）である。

【0031】図8からわかるように、センサ本体13に、抵抗支配域（図3参照）にある電圧を印加して出力電流を測定した場合、“ $R1+R2+R3$ ”が検出可能となる。しかし、R3は電極の劣化等により大きく変化するため、素子抵抗“ $R1+R2$ ”のみを抽出することはできない。しかも、図3に示されるように、抵抗支配域は空燃比に応じて変化するため、センサ本体の直流特性により素子抵抗を検出することは極めて困難である。そこで、交流特性を利用した素子抵抗検出法が提案されている。

【0032】図9は、空燃比検出用の直流電圧（0.3V）に交流電圧を重ねた場合に、その入力交流電圧の周波数fの変化に応じてセンサ本体のインピーダンスが描く軌跡を示す図であり、横軸はインピーダンスZの実部R、縦軸は虚部Xを示す。この軌跡は、空燃比に依存しない。センサ本体のインピーダンスZは、 $Z=R+jX$ で表される。図9に示されるように、インピーダンスZは、周波数fが1kHz付近に近づくにつれて素子抵抗“ $R1+R2$ ”に収束する。

【0033】図10は、入力交流電圧の周波数fとインピーダンスZの絶対値|Z|との関係を示す図である。図10から、周波数1kHz～10MHzでは|Z|がほぼ“ $R1+R2$ ”であり、10MHzより高周波側では|Z|は減少していき、R1に収束することが判る。このことから、素子抵抗“ $R1+R2$ ”を検出するためには、1kHz～10MHz付近が望ましいことが判る。

【0034】図11(A)、(B)及び(C)は、LPF21への入力電圧、LPF21からの出力電圧すなわち空燃比センサ10の大気側電極層17への印加電圧、及び空燃比センサ10の出力電流、の各波形を示す図である。横軸は時間を示し、縦軸は電圧又は電流を表す。前述のように、排気側電極層16は基準電圧3.0Vに維持され、大気側電極層17は通常図11(B)に示されるように3.3Vに維持されているため、空燃比センサ本体の両電極間には通常直流電圧0.3Vが印加されていることとなる。この入力直流電圧に対する出力直流電流が空燃比を表している。

【0035】そして、CPU40は、素子抵抗を測定するため、図11(A)に示されるように、LPF21への入力電圧を ΔV だけ変化させる。LPF21からの出力電圧すなわち空燃比センサ10の大気側電極層17への印加電圧は、図11(B)に示されるように、主として特定の周波数成分（例えば5kHz）からなる、なまされた波形の交流電圧パルスが直流電圧3.3Vに重畳したものとなる。この交流電圧パルスに対応して、出力

電流は、図11(C)に示されるように ΔI だけ変化する。そして、 $\Delta V/\Delta I$ が素子インピーダンスZを与える。そのZに基づいて図6の特性曲線を参照することにより、素子温度が検出される。なお、印加電圧を正負両側に变化させるのは、容量成分に蓄積される電荷の放電を迅速化させるためである。

【0036】さて、図4に示される空燃比検出装置においては、センサ本体13又はセンサ本体駆動回路20の断線、ヒータ18又はヒータ駆動回路30の断線、ヒータ18の劣化等の故障が発生しうと考えられ、それらの異常を簡易にかつ正確に検出することが肝要である。

【0037】センサ本体13又はセンサ本体駆動回路20の断線が発生して回路に電流が流れなくなるという故障について検討すると、この断線が発生した場合には、排気空燃比が現実に理論空燃比になっていて出力電流が0となっているのか、それとも断線が発生しているために出力電流が0になっているのか、判別することができない。特に空燃比を理論空燃比にフィードバック制御している領域においては、かかる判別は困難である。また、出力電流がある程度発生するような空燃比制御領域において出力電流の変動を監視する方法も考えられるが、検出誤差、個体差、経時変化、ノイズ等の問題があって、しきい値の設定が難しく、必ずしも容易でない。このように、空燃比センサの直流特性を利用してセンサ本体13又はセンサ本体駆動回路20の断線を検出することは多くの問題点を有する。

【0038】そこで、本発明は、前述した空燃比センサの交流特性、すなわち前述した素子インピーダンスを利用して故障診断を行おうというものである。図11

(B)及び(C)に示されるような交流入出力特性に基づき測定される素子インピーダンスは、空燃比の影響を受けない。そして、センサ本体13又はセンサ本体駆動回路20に断線があるときには、出力電流は常に0であり、変化がないため、インピーダンス算出結果は無限大となり、容易に断線を検出することができる。

【0039】しかも、前述のように、素子インピーダンスは、素子温度を反映するものであるため、ヒータ18又はヒータ駆動回路30の断線の検出やヒータ18の劣化の検出をも可能とする。図12は、素子活性状態における素子インピーダンスの時間的推移を例示する図である。正常時には、素子温度は700°C付近にあるため、曲線C₀に示されるように、素子インピーダンスは30Ω程度の十分に低い値を呈する。また、センサ本体13又はセンサ本体駆動回路20に断線があるときには、測定される素子インピーダンスは、曲線C₃に示されるように、無限大の値となる。

【0040】また、ヒータ18が劣化している場合には、ヒータに十分通電しても、素子温度は例えば550°C程度までしか上昇せず、その結果、曲線C₁に示されるように、素子インピーダンスは150Ω程度の値を

示すに過ぎない。そして、ヒータ 18 又はヒータ駆動回路 30 に断線があるときには、素子を加熱するのは排気ガスのみとなるため、素子温度は排気温度程度 (300 °C 程度) までしか上昇せず、素子インピーダンスは、曲線 C₂ に示されるように、素子温度 300 °C に相当する素子インピーダンス値を示すこととなる。

【0041】したがって、図 12 に示されるように、3 つの基準値 (しきい値) Z₁、Z₂ 及び Z₃ を設け、検出される素子インピーダンスの値を基準値と照らし合わせることで、センサ本体 13 又はセンサ本体駆動回路 20 の断線、ヒータ 18 又はヒータ駆動回路 30 の断線、ヒータ 18 の劣化、又は正常のいずれの状態にあるかを診断することができる。

【0042】図 13 は、CPU 40 によって一定時間周期に実行される故障診断ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。まず、ステップ 102 では、始動後の経過時間等に基づき素子活性状態にあるか否かが判定され、素子活性状態にあればステップ 104 に進む一方、素子活性状態になれば本ルーチンは終了する。なお、センサ本体 13 又はセンサ本体駆動回路 20 の断線のみを検出するのであれば、素子活性状態の判定は不要である。

【0043】ステップ 104 では、スロットル全閉信号、車速信号等に基づき内燃機関がアイドル状態にあるか否かが判定され、アイドル状態にあればステップ 106 に進む一方、アイドル状態になれば本ルーチンは終了する。このステップは、アイドル状態にあれば、素子を加熱する一要素である排気の温度が安定し、故障診断の精度が向上することを考慮したものであり、必須の条件ではない。

【0044】ステップ 106 では、図 11 を用いて説明したように、交流電圧パルスが入力直流電圧に重畳せしめられ、出力交流電流パルスが測定されることにより、素子インピーダンス Z が検出される。次いで、ステップ 108、110 及び 112 では、検出された素子インピーダンス Z が、図 12 に示される 3 つの基準値 Z₁、Z₂ 及び Z₃ と比較されることにより、故障診断が実行される。

【0045】すなわち、 $Z \leq Z_1$ であれば、ステップ 114 において正常と判定される。また、 $Z_1 < Z \leq Z_2$ であれば、ステップ 116 においてヒータ 18 の劣化と判定される。また、 $Z_2 < Z \leq Z_3$ であれば、ステップ 118 においてヒータ 18 又はヒータ駆動回路 30 の断線と判定される。さらに、 $Z_3 < Z$ であれば、ステップ 120 においてセンサ本体 13 又はセンサ本体駆動回路 20 の断線と判定される。

【0046】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、空燃比センサ及びその周辺回路からなる空燃比検出装置

において故障診断を簡易にかつ正確に行うことが可能になるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図 1】空燃比と排気濃度との関係を示す特性図である。

【図 2】空燃比センサの一構成例を示す断面図である。

【図 3】空燃比センサの電圧-電流特性の一例を示す特性図である。

【図 4】本発明の一実施形態に係る空燃比検出装置のハードウェア構成を示す電気回路図である。

【図 5】排気空燃比と空燃比センサ出力電流との関係を示す特性図である。

【図 6】素子温度と素子抵抗との関係を示す特性図である。

【図 7】センサ本体の構造を示す図であって、(A) は断面図、(B) は固体電解質の部分拡大図である。

【図 8】センサ本体の等価回路を示す図である。

【図 9】空燃比検出用の直流電圧に重畳する入力交流電圧の周波数の変化に応じてセンサ本体のインピーダンスが描く軌跡を示す図である。

【図 10】入力交流電圧の周波数と素子インピーダンスとの関係を示す図である。

【図 11】LPF への入力電圧、空燃比センサ大気側電極への入力電圧、及び空燃比センサからの出力電流の各波形を示す図である。

【図 12】素子インピーダンスの時間的推移を例示するタイムチャートである。

【図 13】CPU によって実行される故障診断ルーチンの処理手順を示すフローチャートである。

【符号の説明】

10…空燃比センサ (A/F センサ)

11…カバー

12…小孔

13…センサ本体

14…固体電解質層 (酸素イオン導電素子)

15…拡散抵抗層

16…排気側電極層

17…大気側電極層

18…ヒータ

20…センサ本体駆動回路

21…ローパスフィルタ (LPF)

22…第 1 の電圧フォロウ回路

23…電流検出回路

25…基準電圧発生回路

26…第 2 の電圧フォロウ回路

30…ヒータ駆動回路

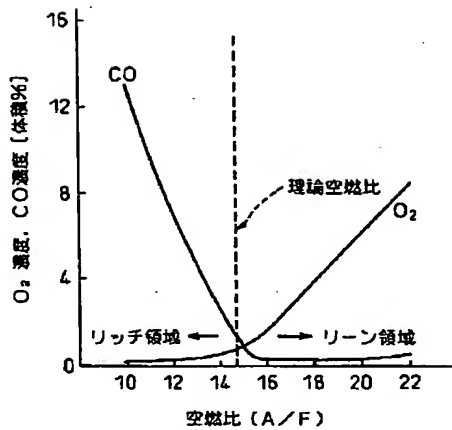
32…バッテリー

40…CPU

90…内燃機関の排気管

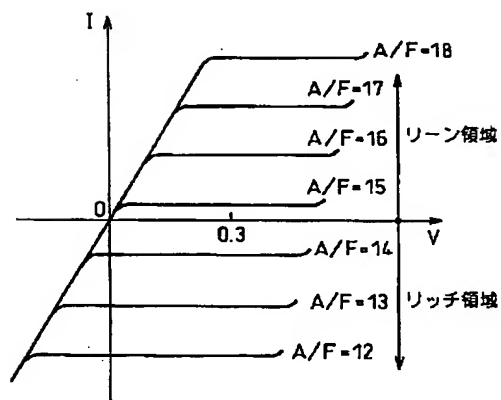
【図1】

図1



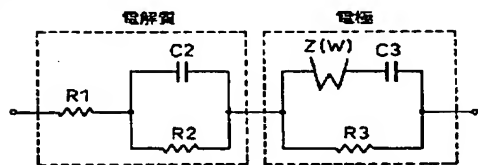
【図3】

図3



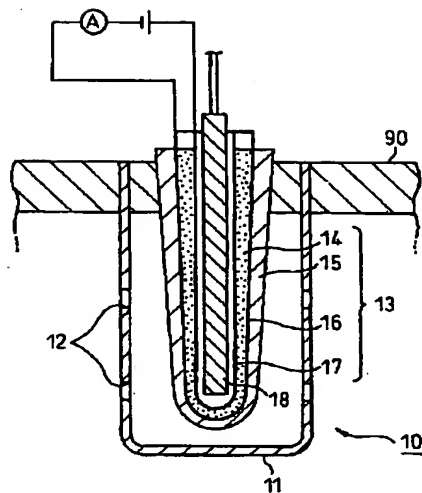
【図8】

図8



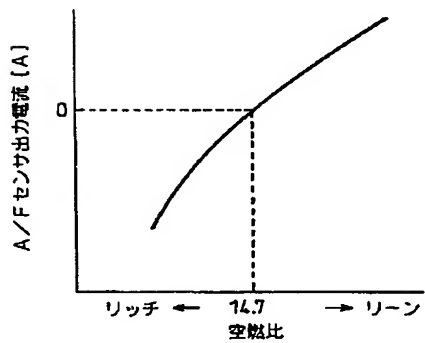
【図2】

図2



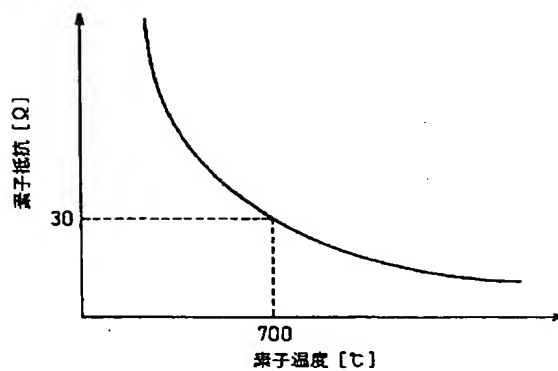
【図5】

図5

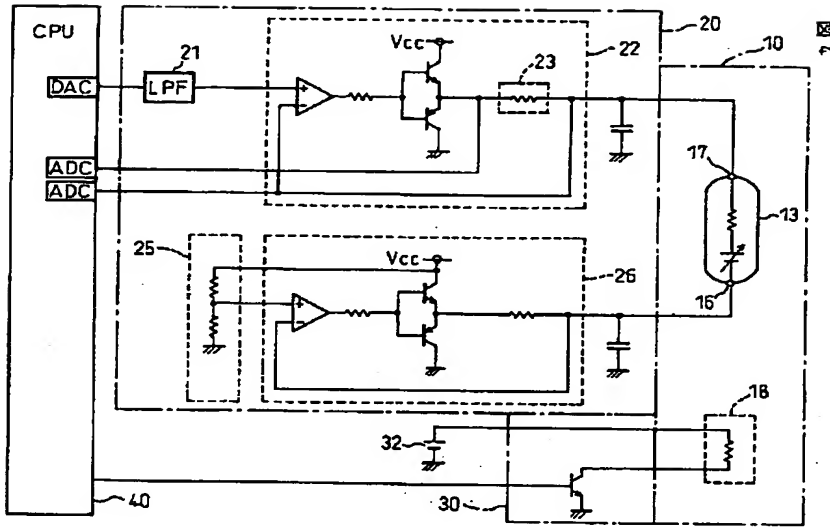


【図6】

図6

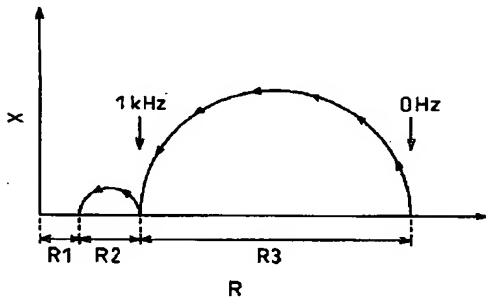


【図4】



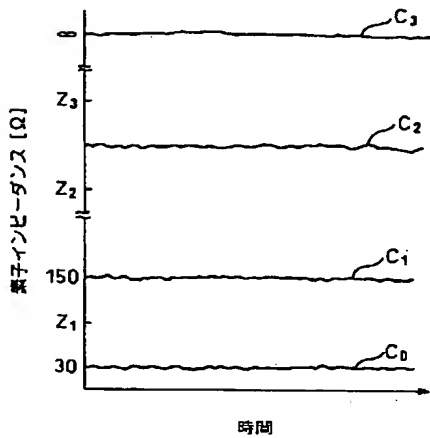
【図9】

図 9



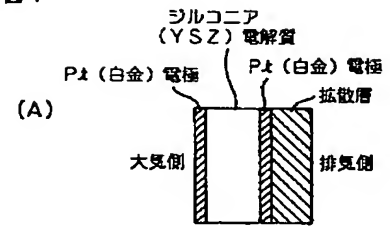
【図12】

図 12

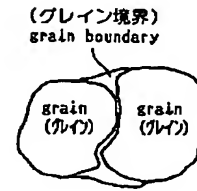


【図7】

図 7

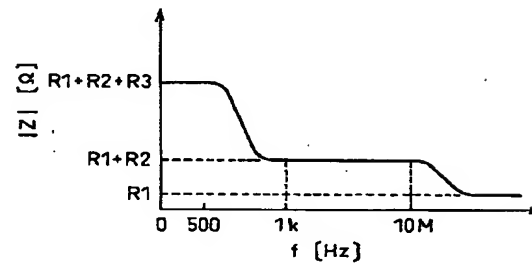


(B)



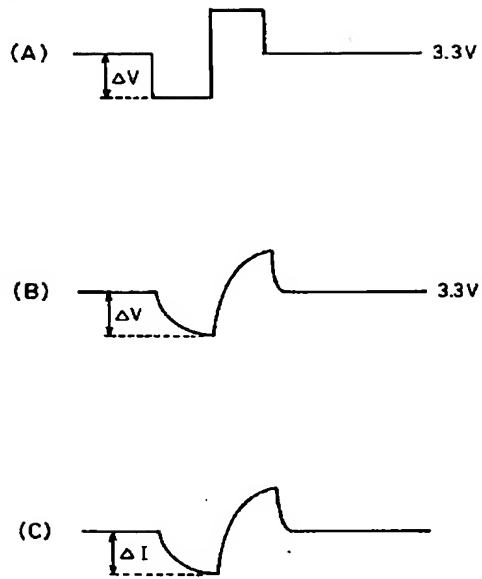
【図10】

図 10



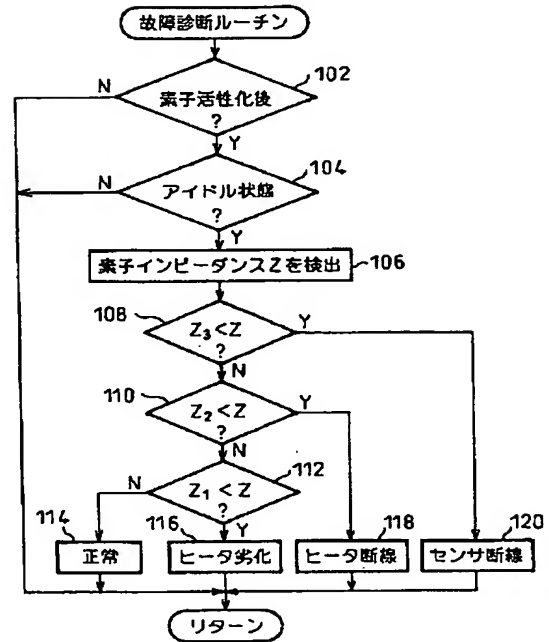
【図 11】

図 11



【図 13】

図 13



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2000193635 A**

(43) Date of publication of application: **14.07.00**

(51) Int. Cl.

G01N 27/41
G01N 27/26

(21) Application number: **10367236**

(22) Date of filing: **24.12.98**

(71) Applicant: **TOYOTA MOTOR CORP**

(72) Inventor: **INAGAKI SHINSUKE**
IZUMITANI NAOHIDE
AOKI KEIICHIRO

(54) **AIR-FUEL RATIO DETECTION DEVICE**

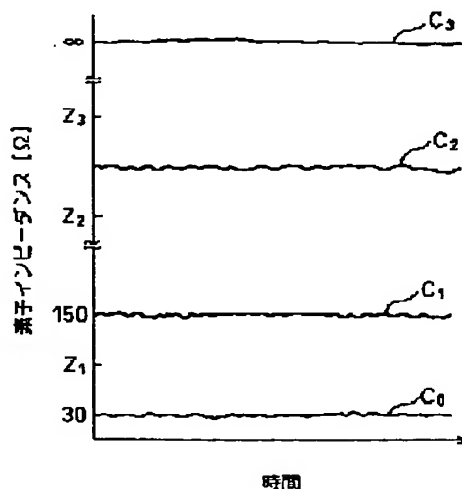
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simply and accurately execute fault diagnosis when the device is composed of an air-fuel ratio sensor and its peripheral circuits.

SOLUTION: The temperature of an oxygen ion conductive element in a sensor body is about 700°C, and the element impedance becomes about 30 Ω at normal times. When a wire is broken in the sensor body or in a sensor body drive circuit, the current becomes zero and the element impedance becomes an infinite value. When a heater deteriorates, the element temperature rises only up to about 550°C at the most, and the element impedance becomes about 150 Ω . When a wire is broken in the heater or in a heater drive circuit, the element is heated only by exhaust gas, and therefore, the element temperature rises only up to about an exhaust gas temperature and the element impedance shows an impedance value corresponding to the element temperature of about

300°C. Three reference values Z1, Z2 and Z3 are set up and compared with an element impedance detection value, to thereby diagnose faults.

COPYRIGHT: (C)2000,JPO



PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-193635

(43)Date of publication of application : 14.07.2000

(51)Int.Cl.

G01N 27/41
G01N 27/26

(21)Application number : 10-367236

(71)Applicant : TOYOTA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 24.12.1998

(72)Inventor : INAGAKI SHINSUKE
IZUMITANI NAOHIDE
AOKI KEIICHIRO

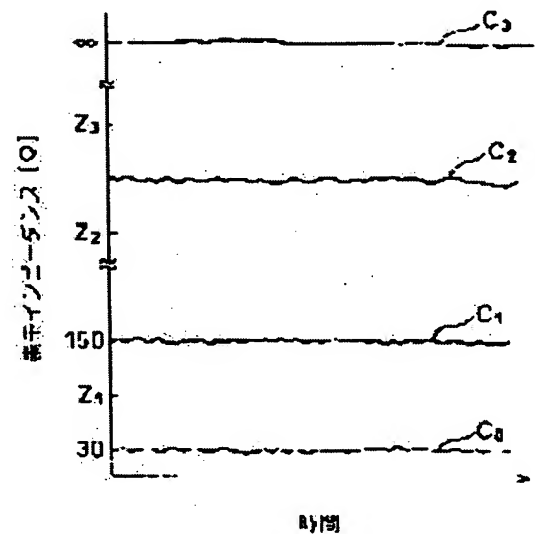
(54) AIR-FUEL RATIO DETECTION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To simply and accurately execute fault diagnosis when the device is composed of an air-fuel ratio sensor and its peripheral circuits.

SOLUTION: The temperature of an oxygen ion conductive element in a sensor body is about 700°C, and the element impedance becomes about 30 Ω at normal times. When a wire is broken in the sensor body or in a sensor body drive circuit, the current becomes zero and the element impedance becomes an infinite value. When a heater deteriorates, the element temperature rises only up to about 550°C at the most, and the element impedance becomes about 150 Ω .

When a wire is broken in the heater or in a heater drive circuit, the element is heated only by exhaust gas, and therefore, the element temperature rises only up to about an exhaust gas temperature and the element impedance shows an impedance value corresponding to the element temperature of about 300°C. Three reference values Z1, Z2 and Z3 are set up and compared with an element impedance detection value, to thereby diagnose faults.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 02.08.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Air-fuel ratio detection equipment characterized by providing the following The air-fuel ratio sensor which has the main part of a sensor made to generate the limiting current according to the oxygen density or unburnt gas concentration in detected gas with impression of voltage The main part drive circuit of a sensor which drives the aforementioned main part of a sensor the aforementioned main part of a sensor -- alternating voltage -- impressing -- the aforementioned sensor book -- an element impedance detection means to detect the element impedance of oxygen ion conductive element in the living body A troubleshooting means to perform the judgment of the existence of failure, and a diagnosis of failure based on the element impedance detected by the aforementioned element impedance detection means

[Claim 2] It is air-fuel ratio detection equipment according to claim 1 diagnosed as the aforementioned troubleshooting means having an open circuit in the aforementioned main part of a sensor, or the aforementioned main part drive circuit of a sensor when the aforementioned element impedance is accepted to be larger than the 1st reference value and to be infinite.

[Claim 3] It is air-fuel ratio detection equipment according to claim 1 which the aforementioned air-fuel ratio sensor is equipped with the heater which the aforementioned main part of a sensor heats [heater] and makes the aforementioned oxygen ion conductive element activate, and this air-fuel ratio detection equipment possesses further the heater drive circuit which drives the aforementioned heater, and diagnoses as the aforementioned troubleshooting means having abnormalities in the aforementioned heater or the aforementioned heater drive circuit when the aforementioned element impedance is small than the 1st reference value of the above and large than the 2nd reference value.

[Claim 4] The aforementioned troubleshooting means is air-fuel ratio detection equipment according to claim 3 diagnosed as the aforementioned heater having deteriorated when it is smaller than the 3rd reference value between the 1st reference value of the above, and the 2nd reference value of the above and the aforementioned element impedance is larger than the 2nd reference value of the above.

[Claim 5] It is air-fuel ratio detection equipment according to claim 3 diagnosed as the aforementioned troubleshooting means having an open circuit in the aforementioned heater or the aforementioned heater drive circuit when it is larger than the 3rd reference value between the 1st reference value of the above, and the 2nd reference value of the above and the aforementioned element impedance is smaller than the 1st reference value of the above.

[Claim 6] The aforementioned troubleshooting means is air-fuel ratio detection equipment given in any 1 term from a claim 1 to a claim 5 which diagnoses when the aforementioned oxygen ion conductive element is in an active state.

[Claim 7] The aforementioned troubleshooting means is air-fuel ratio detection equipment given in any 1 term from a claim 1 to a claim 6 which diagnoses when the internal combustion engine with which the aforementioned air-fuel ratio sensor is carried is in an idle state.

[Claim 8] The aforementioned element impedance detection means is air-fuel ratio detection equipment given in any 1 term from a claim 1 to a claim 7 which detects an element impedance by impressing the

- voltage which the alternating current component for element impedance detection superimposed on the dc component for air-fuel ratio detection to the aforementioned main part of a sensor, and measuring the alternating current component of the output current of the aforementioned air-fuel ratio sensor.

[Translation done.]

* NOTICES *

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[The technical field to which invention belongs] this invention relates to a detail more at troubleshooting of this air-fuel ratio detection equipment about the air-fuel ratio detection equipment which used the limiting current formula air-fuel ratio sensor.

[0002]

[Description of the Prior Art] In order to reconcile reduction of specific fuel consumption, and reduction of a harmful-gas discharge in the internal combustion engine for mount, it is necessary to control broadly the air-fuel ratio (A/F) of the gaseous mixture which an engine burns. In order to make such AFC possible, an air lateral electrode, an exhaust side electrode, and an exhaust side diffused-resistor object are formed in oxygen ion conductive element, such as a zirconia solid electrolyte, it considers as the main part of a sensor, the air-fuel ratio sensor (called an all-over-the-districts air-fuel ratio sensor, a linear air-fuel ratio sensor, etc.) using the limiting current according to the oxygen density or unburnt gas concentration under exhaust air arising with the voltage impression to the main part of a sensor is put in practical use, and feedback control based on the output of this air-fuel ratio sensor is performed.

[0003] When performing air-fuel ratio feedback control based on the output of an all-over-the-districts air-fuel ratio sensor, it is indispensable to maintain oxygen ion conductive element to an active state. Therefore, control which heats an element using a heater and maintains element temperature at a fixed value is performed. Although it is necessary to detect element temperature in that case, since element resistance has element temperature and a correlation, the need for a temperature sensor is eliminated by detecting element resistance and presuming element temperature.

[0004] On the other hand, troubleshooting of an air-fuel ratio sensor is performed, and it becomes indispensable conditions to take a measure quickly, when [that] abnormal, when using this air-fuel ratio sensor. The technology judged as JP,8-271475,A having abnormalities in oxygen ion conductive element there when element resistance of oxygen ion conductive element is detected and there is no element resistance in predetermined within the limits is indicated.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, since the main part drive circuit of a sensor which drives the main part of a sensor and detects the output current, and the heater which the main part of a sensor is heated [heater] and makes oxygen ion conductive element activate and its drive circuit are prepared along with the main part of a sensor when using an air-fuel ratio sensor, it is necessary to take into consideration also about an open circuit of an open circuit of the main part drive circuit of a sensor, a heater, or a heater drive circuit, and degradation of a heater.

[0006] The purpose of this invention is in view of this actual condition to offer what is air-fuel ratio detection equipment which consists of an air-fuel ratio sensor and its circumference circuit, and can perform troubleshooting simply and correctly.

[0007]

[Means for Solving the Problem] The air-fuel ratio sensor which has the main part of a sensor made to

generate the limiting current according to the oxygen density or unburnt gas concentration in detected gas with impression of voltage according to this invention in order to attain the above-mentioned purpose, the main part drive circuit of a sensor which drives the aforementioned main part of a sensor, and the aforementioned main part of a sensor -- alternating voltage -- impressing -- the aforementioned sensor book -- with an element impedance detection means to detect the element impedance of oxygen ion conductive element in the living body The air-fuel ratio detection equipment possessing a troubleshooting means to perform the judgment of the existence of failure and a diagnosis of failure based on the element impedance detected by the aforementioned element impedance detection means is offered.

[0008] Moreover, according to this invention, it is diagnosed that the aforementioned troubleshooting means has an open circuit in the aforementioned main part of a sensor, or the aforementioned main part drive circuit of a sensor when the aforementioned element impedance is accepted to be larger than the 1st reference value and to be infinite.

[0009] Moreover, it has the heater which the aforementioned air-fuel ratio sensor heats [heater] the aforementioned main part of a sensor, and makes the aforementioned oxygen ion conductive element activate according to this invention, this air-fuel ratio detection equipment possesses further the heater drive circuit which drives the aforementioned heater, and it diagnoses that the aforementioned troubleshooting means has abnormalities in the aforementioned heater or the aforementioned heater drive circuit when the aforementioned element impedance is small than the 1st reference value of the above and large than the 2nd reference value.

[0010] Moreover, according to this invention, when the aforementioned troubleshooting means is smaller than the 3rd reference value between the 1st reference value of the above, and the 2nd reference value of the above and is larger than the 2nd reference value of the above, it is diagnosed that the aforementioned heater has deteriorated. [of the aforementioned element impedance]

[0011] Moreover, according to this invention, it is diagnosed that the aforementioned troubleshooting means has an open circuit in the aforementioned heater or the aforementioned heater drive circuit when it is larger than the 3rd reference value between the 1st reference value of the above, and the 2nd reference value of the above and the aforementioned element impedance is smaller than the 1st reference value of the above.

[0012] Moreover, according to this invention, the aforementioned troubleshooting means diagnoses, when the aforementioned oxygen ion conductive element is in an active state.

[0013] Moreover, according to this invention, the aforementioned troubleshooting means diagnoses, when the internal combustion engine with which the aforementioned air-fuel ratio sensor is carried is in an idle state.

[0014] Moreover, according to this invention, the aforementioned element impedance detection means impresses the voltage which the alternating current component for element impedance detection superimposed on the dc component for air-fuel ratio detection to the aforementioned main part of a sensor, and detects an element impedance by measuring the alternating current component of the output current of the aforementioned air-fuel ratio sensor.

[0015]

[Embodiments of the Invention] Hereafter, the operation gestalt of this invention is explained with reference to an accompanying drawing.

[0016] First, the principle of an air-fuel ratio sensor is explained. Drawing 1 is the property view showing the relation between an air-fuel ratio and the oxygen (O₂) concentration under exhaust air, and the relation between an air-fuel ratio and the carbon monoxide (CO) concentration under exhaust air. If it is in a rich air-fuel ratio field while O₂ concentration changes to a linear mostly to an air-fuel ratio if it is in a RIN air-fuel ratio field as shown in this drawing, CO concentration which is a unburnt gas changes to a linear mostly to an air-fuel ratio. An air-fuel ratio sensor uses this property so that it may mention later.

[0017] Drawing 2 is the cross section showing the example of 1 composition of an air-fuel ratio sensor. It is used for the air-fuel ratio sensor 10 towards the interior of the exhaust pipe 90 of an internal

combustion engine, protruding. The air-fuel ratio sensor 10 is divided roughly, and consists of covering 11, a main part 13 of a sensor, and a heater 18. Covering 11 has a cross-section cup-like configuration, and the stoma 12 of a large number which open the inside and outside of covering for free passage is formed in the peripheral wall.

[0018] In the main part 13 of a sensor, while the exhaust side electrode layer 16 fixes to the outside surface of the oxygen ion conductivity solid electrolyte layer 14 formed in the shape of a test tube, the air lateral-electrode layer 17 has fixed to the internal surface. Moreover, the diffused-resistor layer 15 is formed in the outside of the exhaust side electrode layer 16 by the plasma metal spray method etc. The solid electrolyte layer 14 consists of an oxygen ion conductivity oxide sintered compact which made CaO etc. dissolve as a stabilizer to ZrO₂ (zirconia element) in this operation gestalt. The diffused-resistor layer 15 consists of heat-resistant mineral matters, such as an alumina. The exhaust side electrode layer 16 and the air lateral-electrode layer 17 both consist of noble metals with the high catalytic activity of platinum etc., and porous chemical plating etc. is performed to the front face.

[0019] The heater 18 is held in the air lateral-electrode layer 17, heats the main part 13 of a sensor, and makes the zirconia element 14 activate by the exoergic energy. The heater 18 has sufficient exoergic capacity to activate the zirconia element 14.

[0020] The zirconia element 14 has the property (oxygen-cell property) which lets oxygen ion (O²⁻) pass from a side with high concentration to a low side, when an oxygen density difference arises to element ends in an elevated-temperature active state. Moreover, the zirconia element 14 has from cathode the property (oxygen-pumping property) which is going to cause movement of oxygen ion (O²⁻) according to the potential difference towards an anode plate, when the potential difference is given to the ends.

[0021] As shown in drawing 2, the fixed bias voltage made into negative polarity is impressed [layer / exhaust side electrode / 16 / straight polarity and] to the main part 13 of a sensor in the air lateral-electrode layer 17. When an exhaust air air-fuel ratio is RIN, movement of oxygen ion (O²⁻) takes place from the exhaust side electrode layer 16 to the air lateral-electrode layer 17 with an oxygen-pumping property. Consequently, current flows from the positive electrode of the source of bias voltage to the negative electrode of the source of bias voltage through the air lateral-electrode layer 17, the solid electrolyte layer 14, and the exhaust side electrode layer 16. The size of the current which flows at this time is equivalent to the amount of oxygen which flows into the exhaust side electrode layer 16 by diffusion through the diffused-resistor layer 15 out of exhaust air, if bias voltage is carried out more than constant value. Therefore, if the size of this limiting current is detected, as an oxygen density can be known, as a result drawing 1 explained, the air-fuel ratio in a RIN field can be known.

[0022] On the other hand, when an exhaust air air-fuel ratio is rich, an oxygen-cell property tends to work, and this oxygen-cell property tends to cause movement of oxygen ion (O²⁻) from the air lateral-electrode layer 17 to the exhaust side electrode layer 16. That is, an oxygen-cell property acts on bias voltage and a retrose. Since it consists of air-fuel ratio sensors so that the electromotive force by the oxygen-cell property may overcome bias voltage, from the air lateral-electrode layer 17, it passes along the source of bias voltage, and current flows to the exhaust side electrode layer 16. The size of the current which flows at this time is decided by the amount of the oxygen ion (O²⁻) to which the inside of the solid electrolyte layer 14 is transported from the air lateral-electrode layer 17 in the exhaust side electrode layer 16. Since the oxygen ion is what reacts in a unburnt gas and the exhaust side electrode layers 16, such as a carbon monoxide which flows into the exhaust side electrode layer 16 by diffusion through the diffused-resistor layer 15 out of exhaust air, (combustion), the amount of oxygen ionic migration is equivalent to the concentration of a unburnt gas. Therefore, if the size of this limiting current is detected, as unburnt gas concentration can be known, as a result drawing 1 explained, the air-fuel ratio in a rich field can be known.

[0023] Moreover, since the amount of the oxygen which flows into the exhaust side electrode layer 16, and a unburnt gas serves as a chemical equivalent ratio when an exhaust air air-fuel ratio is theoretical air fuel ratio, both burn completely by the catalysis of the exhaust side electrode layer 16, and in the exhaust side electrode layer 16, since oxygen is lost, the oxygen ion which should be transported with an

oxygen-cell property and an oxygen-pumping property does not arise. Therefore, when an exhaust air air-fuel ratio is theoretical air fuel ratio, current does not flow the inside of a circuit.

[0024] In this way, the voltage-current (V-I) property of an air-fuel ratio sensor shows the limiting current according to the air-fuel ratio (A/F) of the exhaust air to which a sensor is exposed, as shown in drawing 3. In drawing 3, the amount of bay parallel to V shaft expresses the limiting current. And in a RIN field and a rich field, the absolute value of the limiting current becomes large, so that an air-fuel ratio becomes small, if it is in a rich field so that the sense to which the limiting current flows is reverse, and an air-fuel ratio becomes large, if it is in a RIN field. And according to the property view of drawing 3, if applied voltage is set as about 0.3V, the air-fuel ratio covered by 12-18 is detectable. In addition, the voltage region smaller than a part for the bay which shows the limiting current is a resistance-control region.

[0025] Subsequently, an example of the hardware composition of air-fuel ratio detection equipment is explained using drawing 4. This air-fuel ratio detection equipment is divided roughly, and consists of the air-fuel ratio sensor 10, a main part drive circuit 20 of a sensor, a heater drive circuit 30, and a central processing unit (CPU) 40. The air-fuel ratio sensor 10 is equipped with the main part 13 of a sensor, and a heater 18 as drawing 2 explained. Moreover, the heater drive circuit 30 is a circuit which impresses the voltage of a battery 32 in turning on and off to a heater 18 in response to a duty ratio signal according to the duty ratio. Moreover, CPU40 performs fuel-injection control, ignition-timing control, etc. as a center of the electronic control (ECU) of an internal combustion engine, and builds in an A/D converter (ADC), a D/A converter (DAC), and memory.

[0026] The main part drive circuit 20 of a sensor is divided roughly, and consists of a low pass filter (LPF) 21, the 1st voltage follower (voltage follower) 22, a reference voltage generating circuit 25, and the 2nd voltage follower 26. LPF21 removes the high frequency component of the analog signal outputted from CPU40. The 1st voltage follower 22 is an operational amplifier and a complementary push pull (complementary push-pull). It has amplifier etc. and the potential of the air lateral-electrode layer 17 of the main part 13 of a sensor is maintained to the same potential as the potential of the output of LPF21. In addition, the potential is 3.3V at the time of air-fuel ratio detection.

[0027] Moreover, the reference voltage generating circuit 25 pressures the fixed voltage VCC partially, and generates reference voltage 3.0V. The 2nd voltage follower 26 has the same circuitry as the 1st voltage follower 22, and maintains the potential of the exhaust side electrode layer 16 of the main part 13 of a sensor to reference voltage 3.0V. Therefore, at the time of air-fuel ratio detection, the voltage of 0.3V will be impressed between the two-electrodes layers of the main part 13 of a sensor, and as the property view of drawing 3 explained, an air-fuel ratio measures the limiting current and far-reaching can be detected. The resistor in the 1st voltage follower 22 functions as a current detector 23, and the potential of the ends is supplied to CPU40. CPU40 carries out A/D conversion of the analog potential of the ends of a resistor 23, computes the potential difference of ends, and computes current from the potential difference and resistance of a resistor 23.

[0028] It has the **** relation indicated to be the current value computed and an exhaust air air-fuel ratio to drawing 5 so that I may be understood from the explanation about drawing 3. Then, CPU40 can detect an exhaust air air-fuel ratio based on the detected current value, as a result can realize air-fuel ratio feedback control.

[0029] Now, in order to detect an air-fuel ratio, it is necessary to maintain the oxygen ion conductive element 14 to an active state. The active state is maintained by maintaining element temperature at constant value, for example, 700 degreeC. By the way, since it has the fixed correlation as indicated to be element temperature and element resistance to drawing 6, in order to maintain element temperature at 700 degreeC, element resistance should just show 30 ohms. Therefore, control which maintains an element active state is performed by detecting element resistance and carrying out feedback control of the heater drive circuit 30 based on the resistance detected.

[0030] Drawing 7 is drawing showing the structure of the main part 13 of a sensor, (A) is a cross section and (B) is the elements on larger scale of a solid electrolyte 14. Moreover, drawing 8 is drawing showing the equal circuit of the main part 13 of a sensor. It is the bulk resistor of the solid electrolyte

which R1 becomes from a zirconia in drawing 8 , and is the grain (grain) of drawing 7 . It corresponds to the section. R2 is grain-boundary resistance of a solid electrolyte, and corresponds to the grain boundary (grain boundary) section of drawing 7 . R3 is the interfacial resistance of the electrode which consists of platinum. C2 is the capacity component of the grain boundary of a solid electrolyte. C3 is the capacity component of an electrode interface. Z (W) is a part for the impedance produced in order that interface concentration may change periodically, when polarization by alternating current happens (WARU bull impedance).

[0031] When the voltage in a resistance-control region (refer to drawing 3) is impressed to the main part 13 of a sensor and the output current is measured so that drawing 8 may show, "R1+R2+R3" becomes detectable. However, since R3 changes with degradation of an electrode etc. a lot, it cannot extract element resistance "R1+R2." And as shown in drawing 3 , since a resistance-control region changes according to an air-fuel ratio, it is very difficult [it] to detect element resistance with the direct-current property of the main part of a sensor. Then, the element resistance detecting method for having used the alternating current property is proposed.

[0032] Drawing 9 is drawing showing tracing which the impedance of the main part of a sensor draws according to change of the frequency f of the input alternating voltage when alternating voltage is superimposed on the direct current voltage for air-fuel ratio detection (0.3V), a horizontal axis shows the real part R of an impedance Z, and a vertical axis shows imaginary part X. This tracing is not dependent on an air-fuel ratio. The impedance Z of the main part of a sensor is expressed with $Z=R+jX$. As shown in drawing 9 , an impedance Z is converged on element resistance "R1+R2" as frequency f approaches near 1kHz.

[0033] Drawing 10 is drawing showing the relation between the frequency f of input alternating voltage, and absolute value |Z| of an impedance Z. On the frequency of 1kHz - 10MHz, |Z| is "R1+R2" mostly, |Z| decreases by the RF side from 10MHz, and drawing 10 shows converging on R1. This shows that near 1kHz - 10MHz is desirable, in order to detect element resistance "R1+R2."

[0034] Drawing 11 (A), (B), and (C) are drawings showing each wave of the input voltage to LPF21, the output voltage from LPF21, i.e., the applied voltage to the air lateral-electrode layer 17 of the air-fuel ratio sensor 10, and output current ** of the air-fuel ratio sensor 10. A horizontal axis shows time and a vertical axis expresses voltage or current. As mentioned above, the exhaust side electrode layer 16 is maintained by reference voltage 3.0V, and since the air lateral-electrode layer 17 is maintained by 3.3V as usually shown in drawing 11 (B), between the two electrodes of the main part of an air-fuel ratio sensor, direct-current-voltage 0.3V will usually be impressed. The output direct current to this input direct current voltage expresses the air-fuel ratio.

[0035] And in order that CPU40 may measure element resistance, as shown in drawing 11 (A), only ΔV changes the input voltage to LPF21. The output voltage from LPF21, i.e., the applied voltage to the air lateral-electrode layer 17 of the air-fuel ratio sensor 10, becomes what the alternating-voltage pulse of the annealed wave which mainly consists of a specific frequency component (for example, 5kHz) superimposed on direct-current-voltage 3.3V, as shown in drawing 11 (B). Corresponding to this alternating-voltage pulse, as the output current is shown in drawing 11 (C), only ΔI changes. And $\Delta V/\Delta I$ gives the element impedance Z. Element temperature is detected by referring to the characteristic curve of drawing 6 based on the Z. In addition, it is for making electric discharge of the charge accumulated at a capacity component quicken to change applied voltage to positive/negative both sides.

[0036] Now, in the air-fuel ratio detection equipment shown in drawing 4 , it is important it to be thought for that failure of an open circuit of an open circuit of the main part 13 of a sensor or the main part drive circuit 20 of a sensor, a heater 18, or the heater drive circuit 30, degradation of a heater 18, etc. may occur, and to detect those abnormalities simply and correctly.

[0037] when failure that an open circuit of the main part 13 of a sensor or the main part drive circuit 20 of a sensor would occur, and current would not flow in a circuit was considered and this open circuit occurs, the exhaust air air-fuel ratio is theoretical air fuel ratio actually, and the output current has become 0 -- or since the open circuit has occurred, the output current cannot distinguish whether it is 0

In the field which is carrying out feedback control especially of the air-fuel ratio to theoretical air fuel ratio, this distinction is difficult. Moreover, although how to supervise change of the output current in air-fuel ratio regulatory region which the output current generates to some extent is also considered, there are problems, such as a detection error, individual differences, aging, and a noise, and a setup of a threshold is difficult and is not necessarily easy. Thus, detecting an open circuit of the main part 13 of a sensor or the main part drive circuit 20 of a sensor using the direct-current property of an air-fuel ratio sensor has many troubles.

[0038] Then, this invention intends to perform troubleshooting using the alternating current property, i.e., the element impedance mentioned above, of the air-fuel ratio sensor mentioned above, and there is. The element impedance measured based on alternating current input-output behavioral characteristics as shown in drawing 11 (B) and (C) is not influenced of an air-fuel ratio. And when the main part 13 of a sensor or the main part drive circuit 20 of a sensor has an open circuit, the output current is always 0, and since it is changeless, an impedance calculation result becomes infinite and it can detect an open circuit easily.

[0039] And as mentioned above, since an element impedance is a thing reflecting element temperature, it also enables detection of an open circuit of a heater 18 or the heater drive circuit 30, and detection of degradation of a heater 18. Drawing 12 is drawing which illustrates time transition of the element impedance in an element active state. Since element temperature is near 700 degreeC at the time of normal, it is a curve C0. An element impedance presents the value of about 30ohms low enough so that it may be shown. Moreover, the element impedance measured when the main part 13 of a sensor or the main part drive circuit 20 of a sensor has an open circuit is a curve C3. It becomes an infinite value so that it may be shown.

[0040] Moreover, when the heater 18 has deteriorated, even if it energizes enough at a heater, element temperature rises only to about [550 degrees] C, consequently it is a curve C1. An element impedance shows the value of about 150ohms so that it may be shown. And since it becomes only exhaust gas to heat an element when a heater 18 or the heater drive circuit 30 has an open circuit, element temperature rises only to an exhaust-gas-temperature grade (about [300 degrees] C), but an element impedance is a curve C2. The element impedance value equivalent to the element temperature C of 300 degrees will be shown so that it may be shown.

[0041] Therefore, as shown in drawing 12, it is three reference values (threshold) Z1, and Z2 and Z3. It can diagnose whether it is in an open circuit of an open circuit of the main part 13 of a sensor, or the main part drive circuit 20 of a sensor, a heater 18, or the heater drive circuit 30, degradation of a heater 18, or which a normal state by preparing and checking the value of the element impedance detected with a reference value.

[0042] Drawing 13 is a flow chart which shows the procedure of the troubleshooting routine performed by the fixed time period by CPU40. First, at Step 102, if there is nothing to an element active state while progressing to Step 104, if it is judged whether it is in an element active state based on the elapsed time after starting etc. and it is in an element active state, this routine will be ended. In addition, if only an open circuit of the main part 13 of a sensor or the main part drive circuit 20 of a sensor is detected, the judgment of an element active state is unnecessary.

[0043] At Step 104, if there is nothing to an idle state while progressing to Step 106, if it is judged whether an internal combustion engine is in an idle state based on a throttle close-by-pass-bulb-completely signal, a vehicle speed signal, etc. and it is in an idle state, this routine will be ended. If this step is in an idle state, it will not be indispensable conditions in consideration of the temperature of the exhaust air which is an element which heats an element being stabilized, and the precision of troubleshooting improving.

[0044] At Step 106, as explained using drawing 11, the element impedance Z is detected by being made for an alternating-voltage pulse to be overlapped on input direct current voltage, and measuring an output alternating current pulse. Subsequently, three reference values Z1 with which the detected element impedance Z is shown in drawing 12 at Steps 108, 110, and 112 and Z2 And Z3 Troubleshooting is performed by being compared.

[0045] namely, $Z \leq Z1$ it is -- if -- in Step 114, it is judged with it being normal moreover, $Z1 < Z \leq Z2$ it is -- if -- in Step 116, it is judged with degradation of a heater 18 moreover, $Z2 < Z \leq Z3$ it is -- if -- in Step 118, it is judged with an open circuit of a heater 18 or the heater drive circuit 30 Furthermore, if it is $Z3 < Z$, in Step 120, it will be judged with an open circuit of the main part 13 of a sensor, or the main part drive circuit 20 of a sensor.

[0046]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, it is effective in becoming possible to perform troubleshooting simply and correctly in the air-fuel ratio detection equipment which consists of an air-fuel ratio sensor and its circumference circuit.

[Translation done.]